

## 接触インピーダンス法によるセメント改良地盤の品質管理への適用

(株) 東洋計測リサーチ 正会員 山下 健太郎, 片野 定男  
iTECS 技術協会 正会員 極壇 邦夫  
アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

### 1. はじめに

加速度計内蔵の重錘の落下によって音響インピーダンスに基づく地盤反力係数を計測する装置を用いて、セメント添加率を変えた改良地盤を測定した。重錘落下による面的な情報は、初期材齢における地盤の強度分布の管理に有効であることがわかった。

また、強度の増加には、ばらつきが見られ、分布が正規分布とならないことが予測されるため、品質管理に当たっては、超過確率を用いて評価することが望ましいことが分かったので報告する。

### 2. 計測原理

先端が球形の重錘(質量  $M$ ) が初速度  $V$  で地盤に衝突するとき、重錘に作用する地盤の抵抗応力度 ( $\sigma$ ) は、地盤の変形速度に対し、

$$\sigma = zV \quad (1)$$

となるものと仮定する。ここで  $z$  は、地盤の音響インピーダンスであり、地盤の剛性が増すことによって増大するものと考えられる。式(1)は、弾性体内の波動理論によって導出される帰結であり、地盤の微小変形においては、このような線形系の考え方が許容できるものとする。式(1)から、地盤の変形を  $x$  とおくと、重錘に作用する貫入抵抗は、

$$F = S\sigma = 2\pi Rz \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

となる。ここで  $S$  は重錘が地盤と接触する面積であり、貫入量  $x$  の時の球冠の面積に等しい。これから、重錘の運動方程式は、

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + 2\pi Rz \frac{dx}{dt} = 0 \quad (3)$$

となる。式(3)を解いてパラメータを整理すると、

$$z = M \left( \frac{A}{V^{1.5}} \right)^2 = \frac{1}{M} \frac{F^2}{V^3} \quad (4)$$

となり、重錘による動的な地盤反力係数が得られる

ことになる。ここで、 $A$  は最大加速度、 $F$  は衝撃力の最大値である<sup>1)</sup>。

式(4)によって算出した重錘による地盤反力係数と平板載荷試験による静的な地盤反力係数 ( $K_{30}$ ) とは、強い相関があることが確認されている<sup>1)</sup>。

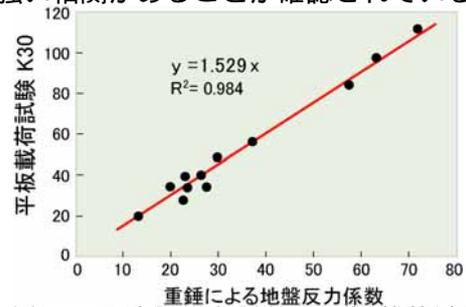


図-1 重錘による地盤反力係数と平板載荷試験 K30 値

### 3. 模型地盤

模型地盤は、5m × 5m の範囲で、セメント改良を行い、密に締固めた関東ロームを基礎地盤とし、その上に半分ずつ、次の2パターンの地盤を作製した。

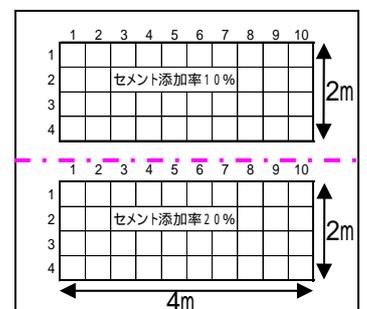
セメント添加率 10%      セメント添加率 20%

いずれも十分に混合後、まき出し厚さを 20cm とし、人力によって敷均した後、起振力 11.8kN のハンドガイドローラを用いて 5 往復の締固めを施した。

模型地盤の作製には、含水比 82.3% の関東ローム、高炉 B 種セメントを用いた。

### 4. 測定装置と測定方法

測定装置は、加速度計を内蔵した約 5.5kg の重錘と、加速度データを演算記録する測定器本体からなり、15cm 程度の任意の高さから重錘を地盤に自由落下させて衝突させる。1 点の計測時間は 3 秒弱である。



測定は模型地盤の内側の、2m × 4m の範囲を 40cm 間隔でメッシュ状に 1 回ずつ測定を行った。測定点の配置を図-2 に示す。

キーワード：品質管理 セメント系地盤改良 重錘落下 地盤反力係数 測定

連絡先：〒300-2633 つくば市遠東 904-1 (株) 東洋計測リサーチ TEL:029-848-0065 E-mail:kentaro@tkres.co.jp

5. 測定結果と考察

セメント改良地盤の材齢と重錘落下による測定値の関係を図-3に示す。測定値は40点での計測値の平均値である。地盤の強度は24時間までは急速に増加し、その後は緩やかに増加することがわかる。

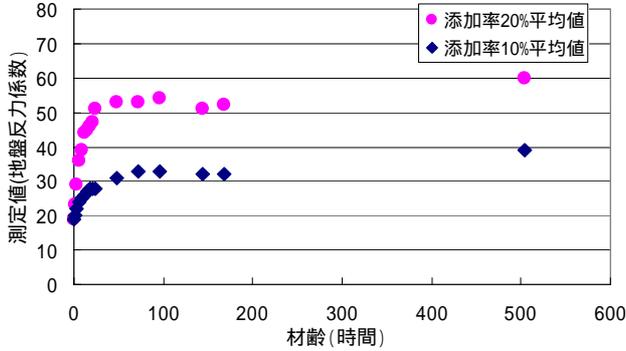


図-3 改良土の材齢と重錘による測定値の関係

図-4に添加率20%地盤の測定結果のヒストグラムを示す。材齢が進んでも低強度の範囲が存在する。

これは、地盤とセメントの混合が良好な箇所では、順調に強度が増加するのに対し、混合が不十分な箇所では、期待通りの強度が発現していないことによるものであり、将来的にも低強度箇所の影響で、強度の分布は正規分布にならないと推測される。

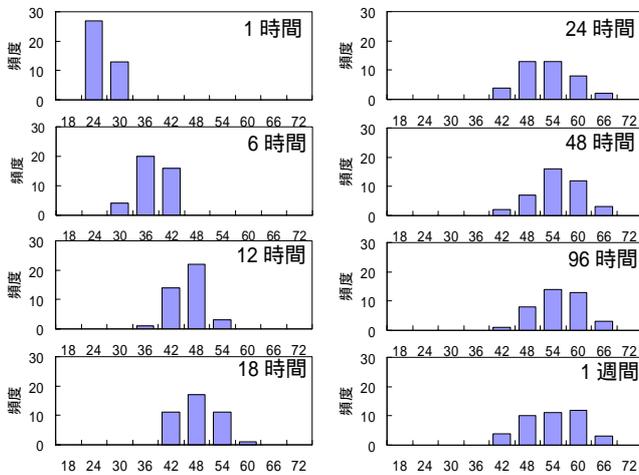


図-4 添加率20%ヒストグラムの経時変化

セメント添加率毎の超過確率(POE)5%, 95%(90%確率レンジでの上端値と下端値)の値と材齢との関係を図-5に示す。

セメント添加率20%におけるPOE95%の強度増加傾向は、添加率10%の場合とほぼ等しいため、将来的にも20%の設計強度を満足できない可能性がある。従って、セメント改良土の品質管理に当たっては、平均値による管理ではなく超過確率を用いて、強度の分布の幅を確認する必要があると考えられる。

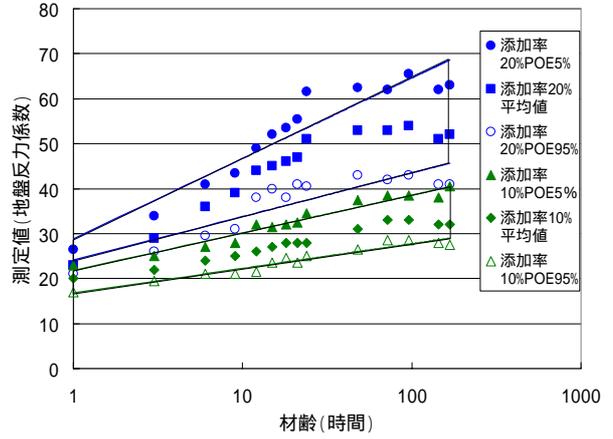


図-5 材齢と強度のばらつき具合

図-6に測定された打撃力波形を示す。

材齢とともに重錘の接触時間が短く、打撃力(地盤の反力)が増加しており、波形からも強度の増加が裏付けられる。

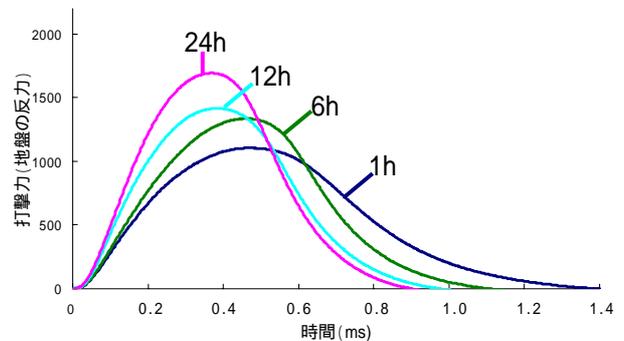


図-6 測定波形の経時変化

6. まとめ

重錘落下による測定は、セメント改良地盤における材齢と強度増加の関係を、非破壊でかつ、リアルタイムに計測でき品質管理への有効性が示された。

実験用の模型地盤においても強度の増加に幅が見られたことから、実現場においては、より高品質な管理を行う必要性が明らかになった。

実現場におけるセメント改良の効果は、施工方法や地盤の含水比、物性等により大きく左右される<sup>2)</sup>。従って、品質管理にあたっては、超過確率を用いてばらつきの幅に対する評価が必要である。

超過確率を用いた評価方法や、記録した波形の情報、材齢の初期段階での、地盤の強度の予測に役立つ可能性があり、今後検証していきたい。

参考文献

- 1) 境友昭 極檀邦夫;重錘落下による地盤反力係数の測定 第41回地盤工学研究発表会論文集 2006 pp.975-976
- 2) (社)セメント協会:セメント系固化材による地盤改良マニュアル第3版 2003年9月